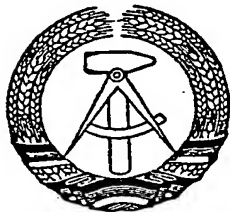


Deutsche
Demokratische
Republik



Amt
für Erfindungs-
und Patentwesen

PATENTSCHRIFT

Wirtschaftspatent

Erteilt gemäß § 5 Absatz 1 des Änderungsgesetzes zum Patentgesetz

120 981

Zusatzpatent zum Patent: —

Anmeldetag: 25.07.75
(WP H 02 k / 187 461)

Priorität:

Ausgabetag: 05.07.76

Int. Cl.:
H 02 k, 1/32

Int. Cl.²:
H 02 K, 1/32

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

Erfinder:

Müller, Dr.-Ing. Manfred;
Weise, Wolfgang

zugleich

Inhaber:

Rotor eines Turbogenerators mit direkter Luft- bzw. Gaskühlung
der Wicklung

120 981

6 Seiten

(52) Ag 141/76 DDR — 9770



Die Erfindung betrifft einen Rotor eines Turbogenerators mit direkter Luft- bzw. Gaskühlung der Wicklung.

Einige konstruktive Ausführungen derartiger Rotoren von Turbogeneratoren weisen in der Rotorwicklung radiale Schächte auf, die vom Kühlmittel von innen (Innenradius der Wicklung r_1) nach außen (Außenradius der Wicklung r_2) durchströmt werden. Da $r_2 : r_1 > 1$ ist, entsteht, ähnlich wie beim Laufrad eines Radialverdichters, eine Eigenventilationswirkung des Rotors, die das Kühlmittel vom Saugraum in den konzentrischen Ringspalt zwischen Rotor und Stator fördert.

Im Ballenbereich des Rotors wird das Kühlmittel durch die Nutgrundkanäle zur Eintrittsöffnung der Radialschächte geleitet, während es im Wickelkopfbereich unmittelbar aus dem Raum zwischen dem Wellenschenkel und der Rotorwicklung in die Radialschächte einströmt.

Die Ein- und Austrittsöffnungen an den Radialschächten sind entweder auf dem gleichen Radiusstrahl angeordnet, oder sie sind zwei axial versetzten Radialschächten zugeordnet.

Im ersten Fall wird deshalb die Wicklung ausschließlich radial vom Kühlmittel durchströmt. Im zweiten Fall sind in der Rotorwicklung Hohlleiter angeordnet, in denen das Kühlmittel vom Eintrittsschacht bis zum Austrittsschacht axial die Wicklung durchströmt.

Bei diesen bekannten Rotoren mit der vorstehend beschriebenen Kühlmittelführung strömt das Kühlmittel drallfrei vom Saugraum in den freien Ringraum zwischen Endring und Wellenschenkel und von dort zu den radialen Eintrittsschächten des Wickelkopfes der Rotorwicklung bzw. zu den Nutgrundkanälen des Rotorballens.

Die radialen Seitenwände der Nutgrundkanäle und die Seitenwände der Radialschächte in der Wicklung wirken auf die Kühlmittelströmung in ähnlicher Weise, wie die Laufschaufeln eines Radiallüfterrades mit Laufschaufelwinkeln $\beta_1 = \beta_2 = 90^\circ$.

Für eine derartige äquivalente Laufschaufel gelten im Prinzip die in Fig. 6 dargestellten Geschwindigkeitsdreiecke mit folgenden Beziehungen:

$$w_1 = w_2 = c_{m1} = c_{m2} = c_0, \\ c_{u1} = u_1; c_{u2} = u_2.$$

Hierin bedeuten c_0 die axiale Anströmgeschwindigkeit im Nutgrundkanal bzw. Hohlleiter, c die Absolutgeschwindigkeit, w die Relativgeschwindigkeit, u die Umfangsgeschwindigkeit, c_m die Meridiankomponente und c_u die Umfangskomponente der Absolutgeschwindigkeit in der äquivalenten radialen Laufschaufel. Index 1 bezieht sich dabei jeweils auf den Innenrand des radialen Einströmschachtes und Index 2 auf den Außenrand des radialen Abströmschachtes.

Wegen der vorausgesetzten drallfreien Zuströmung ($\alpha_0 = 90^\circ$) und der konstruktiv gegebenen „Schaufel“-Winkel ($\beta_1 = \beta_2 = 90^\circ$) erfolgt der Einlauf der Strömung in die Radialschächte und Nutgrundkanäle nicht „schaufel“-kongruent. Vielmehr wird die Strömung stoßartig aus der Zuströmrichtung c_0 um den Winkel θ in die Strömungsrichtung der Absolutgeschwindigkeit c_1 umgelenkt, wobei erhebliche Stoßverluste auftreten.

Die in der Wicklung des Rotors auftretenden Strömungsverluste Δp werden im folgenden aufgefaßt als Summe der in den Kanälen auftretenden Reibungsver-

luste Δp_R und Zusatzverluste Δp_z .

$$\Delta p = \Delta p_R + \Delta p_z.$$

Die Zusatzverluste entstehen durch:

Stoßverluste am Eintritt in die Radialschächte bzw. Nutgrundkanäle,

Abzweigungen von Teilströmen aus dem durchgehenden Hauptstrom im Nutgrundkanal,

verschiedene Umlenkungen (z. B. 90°) in den Radialebenen der einzelnen Radialschächte bzw. Nutgrundkanäle u. a.

Messungen haben gezeigt, daß bei üblichen Kühlzonenlängen die Stoßverluste den größten Anteil an den auftretenden Gesamtverlusten darstellen.

Faßt man die vorstehend genannten einzelnen Zusatzverluste in dem Ansatz

$$\Delta p_z = \xi \cdot \rho/2 \cdot v^2$$

zusammen, so ist ein dimensionsloser Widerstandsbeiwert $\xi \approx 6$ zu erwarten. Hierbei sind ρ die Dichte des Kühlmittels und v die mittlere axiale Strömungsgeschwindigkeit in den Hohlleitern der Wicklung bzw. in den Nutgrundkanälen.

Bei ausschließlich radialer Durchströmung der Wicklung kann für v die mittlere Radialgeschwindigkeit in den Radialschächten eingesetzt werden.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, durch Verringerung der Stoßverluste den Kühlmitteldurchsatz im Rotor zu erhöhen und somit eine bessere Rotorkühlung zu erreichen.

Erfindungsgemäß wird das dadurch erreicht, daß im Ringspalt zwischen dem Innenrand des Endringes und dem Wellenschenkel des Rotors ein axiales Laufschaufelgitter angeordnet ist.

Hierdurch wird dem Kühlmittel im Bereich des Endringes eine gewisse Drallkomponente erteilt, so daß das Kühlmittel quasi „schaufel“-kongruent in die Nutgrundkanäle bzw. die Radialschächte des Wickelkopfbereiches eintritt, wodurch die Stoßverluste wesentlich verringert werden und der Kühlmitteldurchsatz ansteigt. Eine zusätzlich erreichbare Druckerhöhung wirkt sich ebenfalls positiv auf die Erhöhung des Kühlmitteldurchsatzes in der Rotorwicklung aus.

Die Schaufeln des axialen Laufschaufelgitters sind gemäß der Erfindung als im wesentlichen ebene Blechschaufeln mit kreisbogenförmiger Skelettlinie ausgebildet und beispielsweise mittels mit dem Schaufelblatt verschweißter Kegelstifte am Endring befestigt.

Die Erfindung soll nachstehend an einem Ausführungsbeispiel näher erläutert werden. In den Zeichnungen zeigen:

Fig. 1: eine schematische Darstellung eines Turbogenerators mit dem erfindungsgemäß angeordneten Laufschaufelgitter im Rotor,

Fig. 2: die Einzelheit x nach Fig. 1,

Fig. 3: die Ansicht aus Richtung A nach Fig. 2,

Fig. 4: eine Schaufel des Laufschaufelgitters,

Fig. 5: die Ansicht der Schaufel gemäß Fig. 4 nach einer Drehung von 90° um die Kegelstiftachse,

Fig. 6: die Geschwindigkeitsdreiecke eines hinsichtlich der Strömungsverhältnisse in den Radialschächten und Nutgrundkanälen der bekannten Rotoren äquivalenten Radiallüfterrades,

Fig. 7: die Geschwindigkeitsdreiecke am erfindungsgemäßen Laufschaufelgitter.

Die Wicklung 1 des Rotors 2 wird zwecks Kühlung von einem Kühlmittel, beispielsweise Luft, radial und axial durchströmt, welches durch den auf der Welle des Rotors 2 angeordneten Hauptlüfter 6 zugeführt wird (Fig. 1).

Zu diesem Zwecke sind in der Rotorwicklung 1 Radialschächte 3 und Hohlleiter 4 und im Ballenbereich des Rotors 2 Nutgrundkanäle 5 vorgesehen. Im Wickelkopfbereich 7 ist die Rotorwicklung 1 von einer Rotorkappe 8 umgeben, deren Strinseite durch einen Endring 9 gebildet ist.

Um die am Eintritt des Kühlmittels in die Radialschächte 3 und Nutgrundkanäle 5 auftretenden Stoßverluste zu verringern, hier liegen ähnliche Verhältnisse vor, wie bei einem Radiallüfterrad (Fig. 6), ist im Ringspalt zwischen dem Innenrand des Endringes 9 und dem Wellenschenkel 10 des Rotors 2 ein axiales Laufschaufelgitter 11 angeordnet (Fig. 2 und 3).

Dieses Laufschaufelgitter 11 besteht aus einzelnen im wesentlichen ebenen Blechschaufeln 12 mit kreisbogenförmiger Skelettlinie (Fig. 4 und 5). Die Schaufeln 12 sind am Endring 9 befestigt, der somit gleichzeitig den Schaufelträger bildet.

Hierzu ist beispielsweise an jeder Schaufel 12 in Richtung der Schaufelblattbreite ein Kegelstift 13 angeschweißt (Fig. 4 und 5), und im Endring 9 befinden

sich über dessen inneren Umfang gleichmäßig verteilte, axial verlaufende konische Bohrungen 14, in die die Schaufeln 12 mit ihren Kegelstiften 13 eingeschoben werden (Fig. 3).

Durch dieses Laufschaufelgitter 11 wird die Kühlmittelströmung aus der drallfreien Zuströmung ($c_{u1} = 0$) so umgelenkt (Fig. 7), daß die Relativgeschwindigkeit w_2 hinter dem Laufschaufelgitter 11 in axialer Richtung ($w_{u2} = 0$) weist, während die Absolutgeschwindigkeit c_2 eine bestimmte Drallkomponente c_{u2} erhält. Gegenüber den Strömungsverhältnissen ohne das erfindungsgemäße Laufschaufelgitter 11 (Fig. 6) wird hierdurch eine nahezu stoßfreie Zuströmung des Kühlmittels erreicht.

Patentansprüche:

1. Rotor eines Turbogenerators mit direkter Luft- bzw. Gaskühlung der Wicklung, dadurch gekennzeichnet, daß im Ringspalt zwischen dem Innenrand des Endringes (9) und dem Wellenschenkel (10) des Rotors (2) ein axiales Laufschaufelgitter (11) angeordnet ist.

2. Rotor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Schaufeln (12) des axialen Laufschaufelgitters (11) als im wesentlichen ebene Blechschaufeln mit kreisbogenförmiger Skelettlinie ausgebildet sind.

3. Rotor nach Anspruch 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Schaufeln (12) beispielsweise mittels mit dem Schaufelblatt verschweißter Kegelstifte (13) am Endring (9) befestigt sind.

Hierzu 3 Seiten Zeichnungen

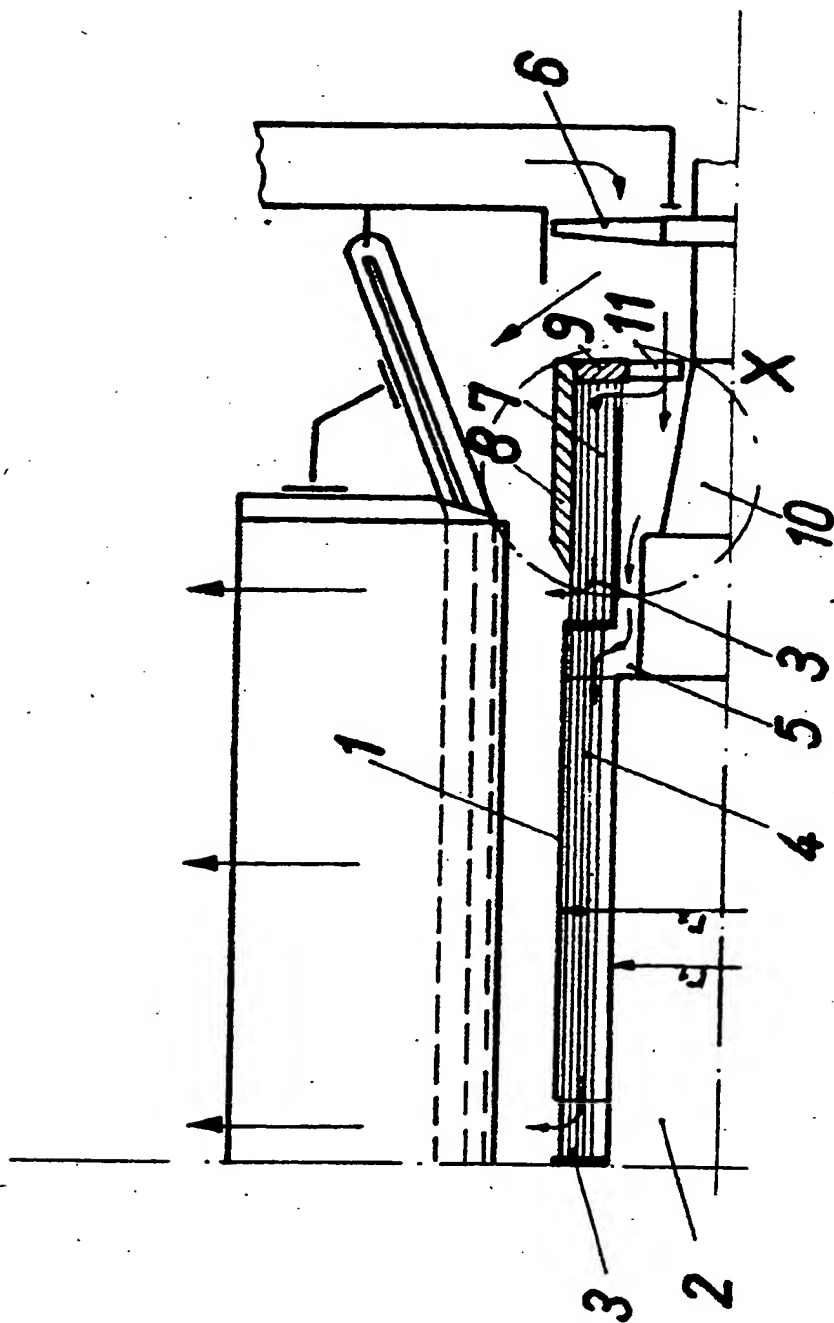
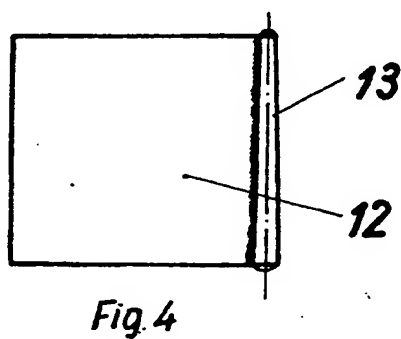
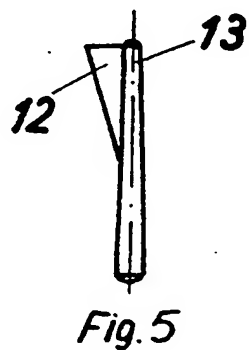
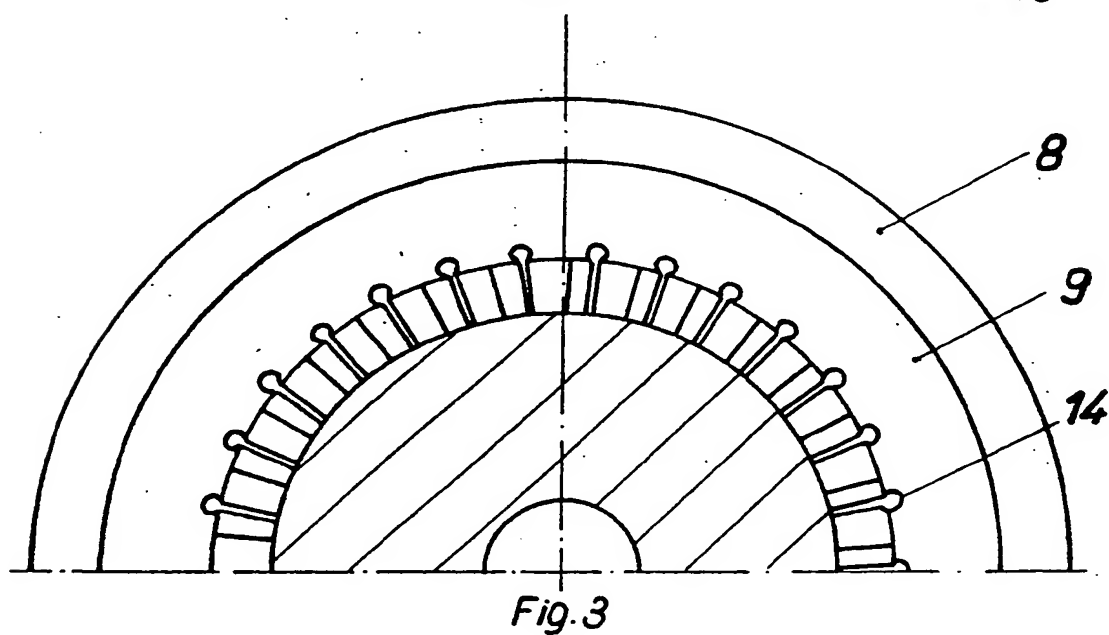
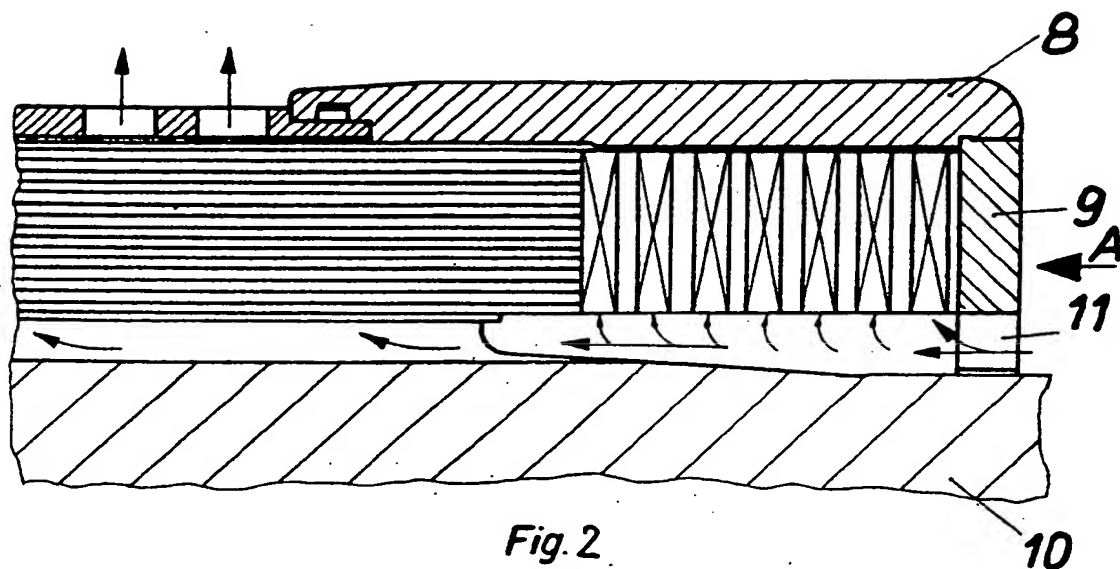


Fig. 1



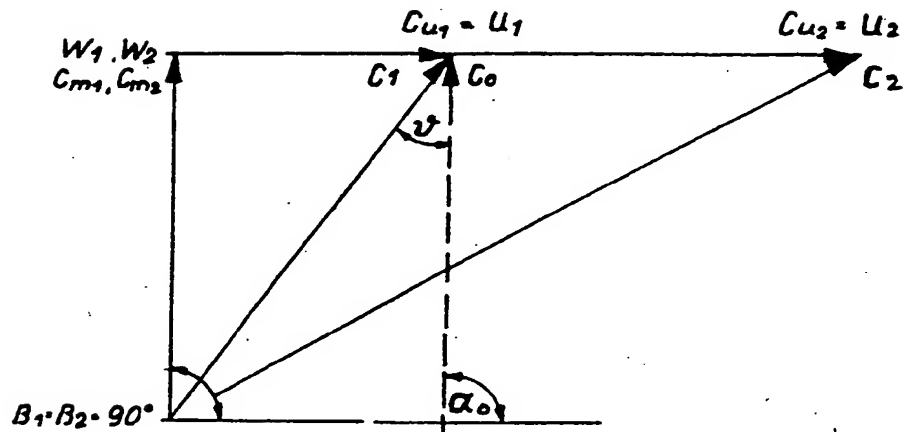


Fig. 6

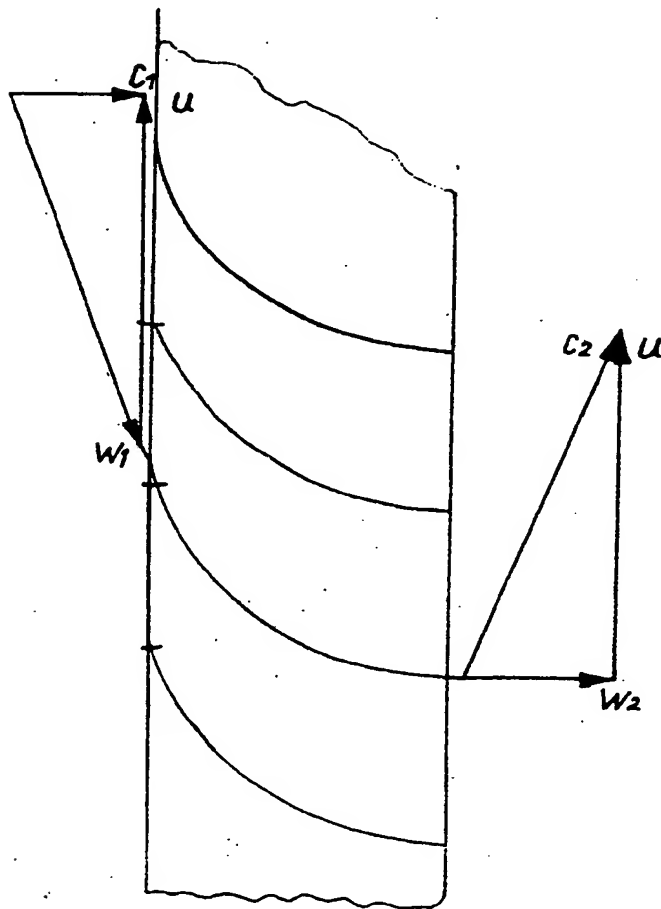


Fig. 7